



ESPAÑA.

ES	(11) (21)	NÚMERO 48 2960	(19) A1
(23)		FECHA DE PRESENTACION 30 JUL 1978	

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente declaración y en el contenido de la Memoria adjunta.

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO 929.568	31 de Julio de 1978	EE.UU. de A.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL H01L 24170	(52) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
--------------------------	--	--

(54) TITULO DE LA INVENCION
Procedimiento para la fabricación de dispositivos mediante mordentado con plasma, con reducción del efecto de carga.

(71) SOLICITANTE (S)
WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
222 Broadway, New York, New York 10038 EE.UU. de A.

(72) INVENTOR (ES)
CYRIL JOSEPH MOGAB

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
D. IGNACIO GOMEZ-ACEBO Y DUQUE DE ESTRADA.

5. La fabricación de circuitos y elementos de circuitos de dimensiones pequeñas, v.g., circuitos de silicio integrados a gran escala (LSI de silicio), comprende una o más fases de delineación de modelos en las cuales el material continuo formado por capas se elimina por mordentado.

10. La configuración de modelos se determina en general por una capa superyacente de material protector modelado por aberturas. Según la práctica dominante actualmente, los modelos de capas protectoras son el resultado de: (1) exposición a través de una máscara separada, (2) seguido por revelado para: (a) eliminar el material sin exponer (capa protectora negativa) o (b) eliminar el material expuesto (capa protectora positiva).

15. La tendencia hacia la miniaturización aumenta las dificultad con la cuál se pueden superponer los modelos de máscaras sucesivas. En general cabe esperar que la reducción adicional a reglas de diseño en la gama micrométrica o submicrométrica de por resultado un aumento en la aceptación de los procedimientos sin máscara (elaboración directa) de acuerdo con los cuales la delineación de modelos se lleva a cabo inicialmente de una forma directa en las capas protectoras del dispositivo en fabricación.

20. La tendencia hacia estructuras menores está ejerciendo profundos efectos en la propia fabricación de los dispositivos. El mordentado en húmedo, que se ha utilizado de un modo general durante años y es todavía en general satisfactorio a nivel de 25. cuatro micrómetros, está cediendo el terreno a la elaboración en seco. Los procedimientos de mordentado en seco ejemplificados por el mordentado en ambiente de plasma mordentado por plasma ofrecen un compromiso o termino medio de resolución me- 30. jorada, por ejemplo reduciendo la contracción de líneas entre

- otras cosas, debido a la formación de rebajos. Otras ventajas del mordentado en seco comprenden menos exigencias de adherencia de la capa protectora y relativa facilidad de eliminar los subproductos del reactivo de mordentado. El mordentado por plasma se ha aplicado satisfactoriamente a los materiales utilizados normalmente en la fabricación de circuitos integrados de silicio (SIC). Una estructura fabricada actualmente comprende capas sucesivas de nitruro de silicio, aluminio, óxido amorfo adulterado con fósforo ("cristal p"), silicio policristalino ("polisilicio") depositados por plasma, capas de campo y puertas de óxido de silicio producido térmicamente, una capa transitoria de nitruro de silicio pirolítico, y finalmente, la propia pastilla de silicio. El mordentado por plasma del SIC y otros circuitos integrados pueden comprender también nitruro de boro. El mordentado por plasma, a veces llamado arranque por plasma, se utiliza en la eliminación de cada capa protectora después de haber ejercido su función de enmascaramiento. La eliminación de la capa protectora puede tener un aspecto algo más crítico durante los procedimientos de "desprendimiento". La circuitería integrada, así como los dispositivos discretos o separados, que comprenden otras tecnologías además del silicio, pueden depender de la elaboración en seco por éstas razones. Los materiales que se pueden utilizar pueden comprender materiales magnéticos blandos, así como materiales magnéticos remanentes (v.g., permalloy y granate de hierro ítrio sustituido) así como materiales ópticos activos (v.g, niobato de litio, tantalato de litio), así como otros metales y compuestos intermetálicos.
- Quizás el procedimiento de mordentado por plasma utilizado en principio y todavía el más dominante, se basa en el reactivo

de mordentado conocido $CF_4 - O_2$. Este material, disponible en mercado desde hace tiempo se ha aplicado a muchos de los materiales indicados anteriormente y otros dentro de una variedad de diseños de reactores. Los reactores de mordentado a base de CCl_4 - tienen aplicación útil a muchos de los materiales anteriores.

El mordentado simultáneo o una pluralidad de pastillas con reactivo de mordentado $CF_4 - O_2$ se puede complicar por el fenómeno de "efecto de carga", perfectamente conocido. El empleo de CCl_4 se caracteriza en general por este efecto en todos los materiales a los que se aplica comúnmente. La dependencia del régimen de mordentado sobre el área superficial que se mordenta, puede dar por resultado una producción inaceptablemente baja para una elevada carga. Este efecto, que en sí un problema importante, se complica además por el mordentado desigual. La falta de uniformidad, entre pastilla o dentro de la misma pastilla, a veces tolerable, puede ser grave dependiendo de factores tales como: (a) relación de mordentado para el material que se mordenta con relación al substrato subyacente, (b) el factor a veces relacionado de la necesidad y tipo de detección del punto final, (c) tolerancia de tamaño característico (una consecuencia de la carga es un aumento incontrolable repetido en el régimen de mordentado cuando comienza el aclarado, dando lugar a una formación de rebajos incontrolada durante un periodo exigido de mordentado en exceso).

Los intentos realizados para aliviar el efecto de carga por un diseño de reactor mejorado han resultado ineficaces. No obstante, el perfeccionamiento en el diseño del reactor produce algún efecto beneficioso sobre la uniformidad de mordentado, aunque la falta de uniformidad es propia de la carga y

continua siendo un problema en la circuitería de dimensiones finas. Vesse R.G. Foulson, J.Vac.Sci.Technol., 14, 266 (1977) para obtener una descripción de los reactores actualmente utilizados.

5. El efecto de carga es un efecto perfectamente conocido. Se sabe también que, a pesar de ser un obstáculo importante para algunos materiales, no lo es para otros. Así, por ejemplo el uso de $CF_4 - O_2$, complicado por la carga cuando se aplica a mordentado de polisilicio, no se ve estorbado por la carga según se aplica al óxido de silicio. La sustitución de otros reactivos de mordentado por el mordentado de SiO_2 no ha cambiado la situación. Parece ser que la carga no es un problema para este material.

15. Los procedimientos de fabricación dependientes del mordentado por plasma pueden diseñarse para reducir el efecto de carga. Genéricamente, el mordentado por plasma según la invención invariablemente reduce la dependencia del régimen de mordentado sobre el área superficial que se ha de mordentar. En condiciones óptimas, de acuerdo con las modalidades preferibles, se puede hacer que uno sea esencialmente independiente del otro. Se puede mejorar la uniformidad de mordentado (entre pastillas dentro de la misma pastilla).

20. Los procedimientos de mordentado pertinentes a la invención se definen sencillamente a fines explicativos como mordentado por plasma. De hecho, según se describe de una forma más completa en la descripción detallada, varios de los procedimientos pertinentes se designan a veces de otro modo, v.g., como mordentado iónico reactivo, sublimación catódica reactiva. Se ha observado que ciertos procedimientos de la tecnología anterior no manifiesta efecto de carga. El avance de la invención
- 25.
- 30.

se define necesariamente en términos de procedimientos que manifiestan un efecto de carga. De acuerdo con la práctica dominante, es conveniente describir una categoría de procedimientos pertinentes como los que manifiestan un efecto de carga cuando se mordenta por la especie de plasma resultante de la introducción de CF_4-O_2 o CCl_4 . A pesar de que esto no constituye una categoría exclusiva de procedimientos relevantes, es particularmente significativo cuando se aplica a la tecnología de circuitos integrados de silicio, puesto que éstos sistemas de reactivos de mordentado continúan en uso general en éste campo y se aplican a todos los materiales que se mordentan por plasma en una fabricación normal.

En términos generales, los procedimientos de la invención depende la especificación de condiciones que reducen la dependencia del régimen de mordentado sobre el área superficial. Esto se consigue especificando sistemas en los cuales la vida útil de la especie de reactivo de mordentado eficaz se determine, en un grado notable, por condiciones distintas a las de mordentado. Expuesto de un modo diferente, la vida útil de las especies de reactivos de mordentado es más corta que la vida útil debida a la propia reacción de mordentado. Para esta finalidad el primer parámetro se denominará "vida útil del reactivo de mordentado inherente" y la segunda "vida útil del mordentado". Si la vida útil del reactivo de mordentado inherente es suficientemente corta para que la variación esperada en el área superficial que se mordenta ejerza poca influencia, el efecto de carga se elimina esencialmente. Las condiciones idóneas se pueden definir por ejemplo, como (vida útil del reactivo de mordentado inherente) $\leq 0,1$ x (vida útil del mordentado) para una carga máxima en el reactor en consideración.

5. La reducción del efecto de carga contribuye en sí a una uniformidad de mordentado. La uniformidad optimizada depende de condiciones que dan por resultado una llegada razonablemente uniforme de las especies de reactivos de mordentado a la superficie que se ha de mordentar. Además, la reducción del efecto de carga conduce a reducir por lo menos una contribución a la formación de rebajos.

10. A pesar de que el mordentado optimizado depende de ciertos parámetros, una modalidad preferible depende de la vida útil del reactivo de mordentado inherente que es corta debido a una recombinación inherente en el plasma. Según la modalidad preferible, se puede considerar los reactivos de mordentado como dos partes: a) especie de reactivo de mordentado activo y b) medio reactivo de recombinación.

15. El mordentado por plasma es aquella familia générica de procedimiento en los cuales la remoción o eliminación del material del sustrato se debe principalmente a la reacción química, que depende a su vez de la especie de reactivo de mordentado en el plasma. Los procedimientos pertinentes se han de distinguir de aquellos en los cuales la remoción o eliminación se debe principalmente a intercambio de momento de fuerzas. Esta última categoría de procedimientos comprende el fresado iónico, y formas de mordentado iónico y mordentado por sublimación catódica que no manifiesta el efecto de carga al que se refiere la invención. Lógicamente, es inherente que se produzca un cierto intercambio de momentos de fuerza debido al propio campo del plasma. Por consiguiente, a pesar de que la remoción o eliminación superficial no se debe principalmente a intercambio de momentos, se produce el intercambio de momentos y, 20. 25. 30. de hecho, puede ser responsable en parte de iniciar o mejorar

la actividad química. En los términos de la invención, los procedimientos de "mordentado por plasma" en cuestión son aquellos en los que se reduce el efecto de carga. Se definen en lo siguiente.

5. Mordentado por Plasma Aplicable: Procedimiento de mordentado por plasma que se caracterizan por el efecto de carga.

10. En los procedimientos de mayor consecuencia en la tecnología del silicio donde el mordentado se ha llevado a cabo en general en $CF_4 - O_2$, o CCl_4 , es conveniente definir el mordentado por plasma aplicable como el que manifieste el efecto de carga

15. en plasmas de estos reactivos de mordentado. El régimen de mordentado del óxido de silicio en el sistema de plasma de $CCl_4 - O_2$ da por resultado una variación del régimen de mordentado del menos de 25% a partir de la carga máxima hasta el 10% de carga

20. para cualquier aparato particular y las condiciones de mordentado de otro modo constante. Los materiales que se utilizan en la elaboración de SIC que manifiestan carga en estos términos, comprenden silicio, tanto monocristalino como policristalino

(este último se denomina polisilicio) aluminio, nitruro de silicio depositado por plasma, nitruro de silicio pirrolítico, nitruro de boro y capas protectoras de los diversos tipos utilizados.

25. Efecto de Carga: Este termino indica el régimen de mordentado que depende del área superficial. En principio, esta dependencia no se evita nunca totalmente en la práctica, Aun cuando sea detectable, puede ser tolerable en cierto grado;

30. por lo tanto, el mordentado de nitruro de silicio en general no es crítico, en el sentido de que comprende grandes separaciones de los elementos, por lo que se puede tolerar un efecto de carga sustancial. A pesar de que la cuantificación del tér

mino puede que no sea uniformemente significativa, un 25% de diferencia en el régimen de mordentado por ejemplo entre un 10% de capacidad y la capacidad total del equipo utilizado es una línea de división conveniente.

5. Vida útil del Reactivo del Mordentado:

a) Vida útil del reactivo del mordentado inherente

10. La vida útil medida de las especies de reactivo de mordentado generados por plasma en ausencia de la superficie que se mordenta. La terminación se debe en este caso a la recombinación de especies generadas por plasma, en general con especies correspondientes a un componente de material gaseoso introducido en el plasma.

b) Vida útil del mordentado

15. Vida útil de las especies de reactivos de mordentado generados por plasma debido a reacción química con la superficie que experimenta el mordentado. Es conveniente referirnos a la vida útil del mordentado respecto a una capacidad total, v.g., para una carga total del reactor esta cantidad se denomina como vida útil mínima del mordentado.

20. Las modalidades de la invención dependen invariablemente de la vida útil del reactivo de mordentado inherente que es corta con relación a la vida útil del mordentado, que en general no es más del 10% la vida útil del mordentado mínima. Las modalidades descritas cumplen en sí con este requisito.

25. Las cantidades operativas se pueden medir. La vida útil del reactivo del mordentado inherente se puede medir por medios apropiados simplemente haciendo funcionar el reactor sin material mordentable. Se desconecta el suministro eléctrico, y se verifica el tiempo de persistencia de la especie de reactivo de mordentado, por ejemplo, midiendo la absorción de emisión

30.

de un laser CW que funcione a una longitud de onda apropiada. Otros medios comprenden valoración química por lo menos en dos posiciones a la salida del reactor.

5. Una considerable experimentación realizada en sistemas que manifiestan efecto de carga sugieren vidas útiles del mordentado del orden de 10 milisegundos o mejores en condiciones que dan por resultado regímenes de mordentado prácticos. Las condiciones exigidas por la invención se cumplen por lo tanto para la vida útil del reactivo del mordentado inherente
10. de un máximo de un milisegundo. Para proporcionar un error de medición así como la variación de los valores dependientes de la técnica de medición utilizada, se prescribe en las modalidades preferibles que la vida útil del reactivo de mordentado inherente sea de un máximo de 0,1 milisegundos. Este valor me-
15. dio se considera una caracterización suficiente de cualquier proceso de invención en el cual el efecto perjudicial de la carga se reduce preferiblemente por comparación con la tecnología anterior dentro del contexto descrito. Los procedimientos preferibles se realizan en las condiciones necesarias para
20. dar por resultado una vida útil del reactivo del mordentado inherente no superior a aproximadamente 0,01 milisegundos. Este valor, de hecho, corresponde al indicado para un sistema experimental en el cual el factor de carga estaba a un nivel inferior al 1% (en base de una comparación entre la capacidad total y el 10% de capacidad para un reactor dado).
- 25.

30. Para muchas finalidades, la vida útil del reactivo de mordentado inherente se realiza simplemente por una elección apropiada de la composición gaseosa introducida en el plasma. La naturaleza de la composición en estas circunstancias, es la necesaria para proporcionar en sí una recombinación

5. ción. El reactivo de recombinación, en las modalidades preferibles es químicamente distinto a la especie de reactivo de mordentado o precursor de la especie de reactivo de mordentado. Los sistemas útiles se basan a veces en la especie de reactivo de reactivo de mordentado -reactivo de la recombinación que son las mismas.

10. Se ha indicado que la dependencia del régimen de mordentado sobre el área superficial es en sí un inconveniente. Esta dependencia se reduce y a veces se elimina eficazmente según la invención. Suponiendo una eliminación esencial del efecto de carga, se asegura una uniformidad por condiciones de mordentado apropiada. Las condiciones más importantes se refieren a la configuración del flujo y esto, a su vez, está determinado en general por el diseño del reactor. Los datos presentados por los ejemplos se derivan en general en procedimiento realizados en un reactor de placas paralelas que proporcionaba un flujo radial con la forma resultante por el empleo del aparato descrito en la patente EE.UU. 3.757.733. La uniformidad del mordentado al menos suficiente para el estado de la tecnología de los LSI se puede realizar con la práctica de la invención en dicho aparato.

25. Los ejemplos se refiere en general a la vida útil de las especies de reactivos de mordentado inherentes cortas debido a la recombinación en un lugar previsto por el gas entrante. Este lugar, que puede ser inerte puede producirse solamente en la región de descarga, puede ser distinto o idéntico a la especie de mordentado, reacciona químicamente con la especie de reactivo de mordentado dentro de un tiempo medio generalmente de un máximo de 0,1 milisegundo (preferiblemente 0,01 milisegundo) para producir un mordentado relativamente bajo o,

30.

- preferiblemente, una especie que no produce mordentado. Este producto de reacción puede ser idéntico al reactivo de mordentado inicial o no. Los sistemas de reactivo de mordentado utilizados en los ejemplos comprende CF_3Cl , CF_3Br , y $\text{C}_2\text{F}_6\text{-Cl}_2$. El análisis espectroscópico másico, verificado por otras técnicas, indica que la especie de reactivo de mordentado activo en estos sistemas son Cl, Br, y Cl atómicos respectivamente. Sobre esta base, el reactivo de recombinación en los dos primeros casos es CF_3° derivado de CF_3 . El reactivo de recombinación, en el tercer caso, es de nuevo un fluorocarburo (basado en un productor final de CF_3Cl , probablemente la misma especie de CF_3 o derivada de C F_3). Un cuarto sistema (principalmente de interés académico debido al régimen de mordentado bajo), C_2F_6 , se cree que produce radicales de CF_3 en el estado de plasma indicando la recombinación entre las especies de reactivos de mordentado. Un quinto sistema emplea $\text{BCl}_3\text{-Cl}_2$, La espectroscopia de emisión revela cloro atómico, que por lo menos, contribuye a la especie de reactivo de mordentado. El reactivo de recombinación se establece de nuevo como propio en el plasma en volúmen, probablemente BCl_2 u otra especie derivada de BCl_3 .

- Los estudios realizados en el sistema de $\text{C}_2\text{F}_6\text{-Cl}_2$ han incluido cantidades variables relativas de los dos componentes, así como el reemplazar C_2F_6 por argón. En este último caso, el hecho de que la carga no se vea afectada por otras condiciones de otro modo idénticas, indica que $\text{Cl} + \text{Cl} = \text{Cl}_2$ es un mecanismo de recombinación operativo. El primero de los casos sugiere, no obstante, que un fluorocarburo derivado sirve igualmente como reactivo de recombinación.

- Una preferencia general para el reactivo de recombinación

- ción y reactivo de mordentado químicamente distintos se basan en consideraciones distintas a la carga en sí. La separación de las dos especies permite un mayor grado de flexibilidad para permitir el cálculo exacto del régimen de mordentado perfil del mordentado, etc, que son factores de consecuencia en la mayoría de los procesos de mordentado [vease la solicitud de patente EE.UU. pendiente nº de serie 929.549, presentada el 31 de Julio de 1978 (Harshbarger et al 2-23-6-5)]7. La preferencia se refiere a la especie en el plasma de modo que el CF_3Cl gaseoso simple según se introduce produzca especies químicamente distintas de reactivo de recombinación y reactivos de mordentado. A pesar de que la relación atómica 1:1 implícita en este compuesto cae dentro de una gama apropiada para muchos procesos de mordentado, se puede alterar por introducción de cloro adicional o fluorocarburo adicional (Cl_2 o C_2F_6). La experimentación indica una total identidad entre especies de plasma eficaces, v.g. Cl (tanto si se produce a partir de CF_3Cl como a partir de Cl_2).
- 5.
- 10.
- 15.

- En muchos sistemas apropiados para la práctica de la invención, ambas especies eficaces pueden actuar como reactivo de mordentado y reactivo de recombinación. No obstante, para la mayoría de los sistemas, la especie de reactivo de mordentado primaria y la especie de reactivo de recombinación primaria son químicamente distintas. En muchos sistemas apropiados, una u otra especie no forma carga. Esta observación tiene poca importancia práctica puesto que no se pueden cumplir las demás características del mordentado deseables. Así, por ejemplo, el compuesto C_2F_6 es un reactivo de mordentado que no produce carga en la mayoría de los sistemas en cuestión pero tiene un régimen de mordentado que es demasiado bajo para la mayoría de las finalidades prácticas. El juego en sí no es un reactivo de mordentado
- 20.
- 25.
- 30.

- formador de carga para muchas finalidades, sino aun régimen de mordentado incontrolablemente rápido para la mayoría de los usos a los que se destinan las películas delgadas. El régimen de mordentado de Cl_2 se puede reducir a niveles tolerables por dilución, por ejemplo, con argón lo cual cumple en general las exigencias de la invención. Al contrario que el halocarburo el diluyente de gases raros no actúa como reactivo de recombinación. El reactivo de recombinación de halocarburo, debido a la reacción preferible en las proximidades de las paredes del mordentado, proporciona un mecanismo que, según la solicitud EE.UU. pendiente número de serie 929.549 mencionada anteriormente, permite un control del perfil y la consecución de paredes verticales con una formación mínima de rebajos. Otros haluros ejercen la misma función, v.g. el BCl_3 del ejemplo de reactivo de mordentado de aluminio.

- Es evidente que la composición puede ser fija para ciertas especies de la invención. Cuando la especie de reactivo de mordentado primaria es atribuible a la introducción de precursor de halógeno atómico incluido como parte de una mezcla gaseosa, es razonable fijar la relación atómica de reactivo de mordentado/reactivo de recombinación entre 1% y 95% en terminos de mezcla gaseosa introducida en el plasma. Se ha averiguado que ambos límites producen un comportamiento de mordentado razonables en condiciones apropiadas. El empleo de un solo compuesto, v.g. CF_3Cl sirve como criterio valioso para la especie en el plasma. Esta relación del 50% según se introduce, produce necesariamente la misma relación inicial, dentro del plasma. Sirve como reactivo de mordentado útil desde muchos puntos de vista, comprenden lógicamente la carga, pero en condiciones generales no producen un comportamiento anisotrópico ideal. Según se indica en

la solicitud de patente EE.UU. pendiente mencionada número de serie 929.549, la relación óptima desde el punto de vista de perfil del mordentado se consigue aumentando la cantidad de CF_3 (v.g., por su producción de C_2F_6 molecular).

5. Se sabe que otras consideraciones pueden dar lugar a variaciones adicionales de composición, por ejemplo, se puede indicar la dilución en vista a las condiciones de plasma de estabilización. Así, el helio indica la falta de homogeneidad del plasma cuando se incluye con CF_3Br y reduce esta contribución a la falta de uniformidad.

10. En general, la carga es relativamente insensible a aquellas condiciones como son la potencia y la presión, aunque el mordentado optimizado puede dar lugar a una preferencia, v.g. reducción de la potencia para asegurar un confinamiento del plasma. En situaciones marginales, v.g., cuando es perceptible una cierta carga, se ha averiguado que la reducción de temperatura puede dar por resultado una menor carga. Este influencia relativamente menor se ha escrito tentativamente a un aumento en la vida útil de mordentado.

15. Las modalidades preferibles que sirven como ejemplo, emplean lugares de recombinación propios del sistema gaseoso. A pesar de que esta afirmación esté fuertemente apoyada por el análisis espectroscópico de los gases de salida, no se niega la posibilidad de que la recombinación tenga lugar con preferencia sobre superficies sólidas, capa protectora y superficie que se mordenta. De hecho, una recombinación necesariamente exotérmica favorece la reacción en una superficie sólida que sirve como disipador de calor. La probabilidad de que parte o toda la recombinación tenga lugar sobre una pared sólida da lugar a la posibilidad de mecanismo alternos que comprenden una simple adesor-
- 20.
- 25.
- 30.

ción (que da por resultado el confinamiento de especies de reactivos de mordentado) así como el empleo de superficies activas, posiblemente superficies de capa protectora para dar por resultado una reacción que en sí es responsable con mucho de la vida útil del reactivo de mordentado inherente acortada.

- 5.
- El objetivo general de la invención se refiere a la carga. Se ha indicado que las condiciones de composición, así como otras condiciones de los reactivos de mordentado, se pueden calcular para otro comportamiento deseado. Tales condiciones se pueden exponer en términos de microcircuitaría así como dispositivos de pequeñas dimensiones donde las capas que se han de mordentar son probablemente del orden de micrones o menos. Los regímenes de mordentado en tales circunstancias están comprendidos probablemente dentro de la gama del orden de 100 a 2000 Angstroms/minuto. Los regímenes menores pueden ser inapropiados desde el punto de vista de producción, a pesar de que los regímenes mayores son difíciles de controlar. Se puede especificar escalas de potencia del plasma comprendidas aproximadamente entre
- 10.
- 20.
- 15.
- 25.
- 30.
- 100 y 5000 wátios para el reactor de 40,6 cm (0,05 a 5 wátios/cm² con una gama preferible de 0,1 a 1 Watio/cm²). Se puede exceder de máximo para conseguir mayores regímenes de mordentado particularmente cuando el espesor de las capas es de varios micrómetros o más. En los mínimos corresponden a los regímenes mínimos corresponden a los regímenes mínimos de mordentado generalmente tolerables. Es probable que las presiones sean del orden de 0,005 torr a un torr (5 a 1000 micrómetros de mercurio). El límite inferior invade el campo del mordentado iónico reactivo, dando por resultado la reducción adicional un posible deterioro de la retícula. El superar el máximo da lugar a un confinamiento deficiente del plasma y una consiguiente carencia de

uniformidad, del mordentado.

5. La figura, en coordenadas de la relación de régimen de mordentado para una carga del 10%: 100% sobre la ordenada y el número de pastillas sobre la abscisa, contiene datos trazados indicativos del grado de carga. La Figura, se expondrá con relación a los ejemplos.

EJEMPLOS

10. A título de comparación, se realizaron ejemplos generalmente en un tipo de aparato y, dentro de los ejemplos expuestos, en condiciones similares. Los experimentos elegidos como ejemplo se realizaron en un reactor de placas paralelas de flujo radial de 45,6 cm de diámetro. El aparato contenía dos electrodos metálicos huecos paralelos horizontales en un recinto de vacío pyrex. En la práctica, se aplicó potencia de rf a una frecuencia de 13,56 MHz a la placa superior para iniciar y mantener una descarga. La placa interior se contuvo a potencial de tierra y servía como platina para el material sometido a mordentado. La descarga se realizó dentro de la escala de 0,1 a 1,0 torr con un flujo continuo de gases de reactivo de mordentado a través de la región de descarga. El efluente se expelío por una bomba mecánica bietápica de 0,708 metros cúbicos por minuto. Antes del bombeo inicial, se hizo pasar agua caliente (a 80°C) a través de ambos electrodos durante varios minutos para reducir al mínimo la condensación del agua durante la carga. La cámara se abrió entonces y el material que se deseaba mordenter se colocó sobre la platina. La cámara se cerró entonces y la bomba se puso en funcionamiento. Cuando se alcanzó una presión aproximadamente 30 micrómetros, se reemplazó el agua caliente por un flujo de agua fría (a 25°C). Se continuó bombeando hasta una presión básica de unos cuantos micrómetros de mercurio y comen-

15.

20.

25.

30.

zó el flujo gaseoso de reactivo de mordentado. Las condiciones del mordentado se mantuvieron en general como sigue:

- 5. presión- 0,1 a 1,0 torr
- caudal - 20 a 200 cm³ por minuto (normalizado a temperatura ambiente.
- potencia de rf - 100 a 2000 watios
- separacion de electrodos - 7 a 30 mm
- temperatura del substrato - 25 a 30°C.

10. EJEMPLO 1-5 : (estos puntos se han trazado como la curva 10 de la figura).

Se mordentó silicio monocristalino por CF₃Br-30% He, 500 watios de potencia, 0,3 torr, separación de electrodos 30 mm, temperatura de la platina 25°C, caudal 175 cm³ por minuto, diámetro de la pastilla 7,6 cm. El número de pastillas y los regimenes de mordentado resultantes se indican en la tabla siguiente.

15.

Ejemplo	Número de Pastillas	Regimen de Mordentado (Angstroms/minuto)
20. 1	1	606
2	2	573
3	4	524
4	8	477
5	10	448

25. EJEMPLO 6-9: (estos ejemplos se han trazado como la curva 11 de la figura).

Se mordentaron pastillas de la misma composición superficial y tamaño, esta vez en CF₃Cl sin diluir a 200 watios, 0,35 torr, 30 mm de separación de electrodos, 25°C de temperatura de la platina y 200 cm³/minuto.

30.

Ejemplo	Número de Pastillas	Régimen de mordentado (Angstroms/minuto)
6	1	193
7	2	205
8	4	205
5. 9	8	205

Ejemplos 10-17: (Estos puntos de la tecnología anterior se han trazado como la curva 12 de la figura).

10. Estos datos se presentan para fines comparativos y se refieren a los experimentos realizados con $CF_4 - 8\% O_2$ como reactivo de mordentado de nuevo sobre capas de silicio monocristalinas, como en los ejemplos anteriores. Los datos ilustrativos de la carga se exponen en forma tabular más adelante.

15. Las condiciones eran de 30^v vatios de potencia, 0,3 torr de presión, 30 mm de separación de electrodos, $100^{\circ}C$ de temperatura de la platina, $150 \text{ cm}^3/\text{minuto}$ de caudal.

Ejemplo	Número de Pastillas	Régimen de Mordentado (Angstroms/minuto)
20. 10	1	4158
11	2	3012
12	3	2334
13	4	1926
14	5	1656
15	6	1416
25. 16	8	1224
17	10	1008

Ejemplos 18 y 19: (Se refieren al mordentado de pastilla de 7,6 cm de diámetro soportando silicio policristalino adulterado con fósforo en el sistema de $C_2F_6 - Cl_2$).

30. Los ejemplos se llevaron a cabo en las condiciones siguientes del reactor : 400 vatios de potencia, 0,35 torr de pre-

si3n, 30 mm de separaci3n de electrodos, 25°C de temperatura de la platina, 175 cm³/minuto de caudal de Cl₂ al 15%, C₂F₆ al 8%.

5.

Ejemplo	Número de Pastilla	Régimen de Mordentado (Angstroms/minuto)
18	1	-950
19	4	-950

Ejemplos 20 y 21: (Reactivos de Mordentado 90 % Cl₂ : 10% C₂F₆).

10.

Ejemplo	Número de Pastilla	Régimen de Mordentado (Angstroms/minuto)
20	1	-3440
21	5	-3440

Ejemplos 22-25:

15. Para la serie particular en cuesti3n, el gas introducido tenia la composici3n de 95% BCl₃- 5% Cl₂. Pastilla de 7,6 cm de diámetro con soporte de aluminio de 4000 Angstroms de espesor- aleaci3n de cobre 4%, 600 watios de potencia, 0,1 tornillos las condiciones eran de otro modo constantes de ejemplo a ejemplo.

20.

Ejemplo	Número de Pastillas	Régimen de Mordentado (Angstroms/minuto)
22	1	-300
23	4	-300
24	6	-300
25.	8	-300

Nota: El "efecto de carga" a que se refiere la invenci3n está relacionado con la dependencia del régimen de mordentado sobre la superficie total que se ha de mordentar. La superficie presentada por cada pastilla individual por cada conjunto de ejemplo era idéntica. Los primeros tres conjuntos se basa-

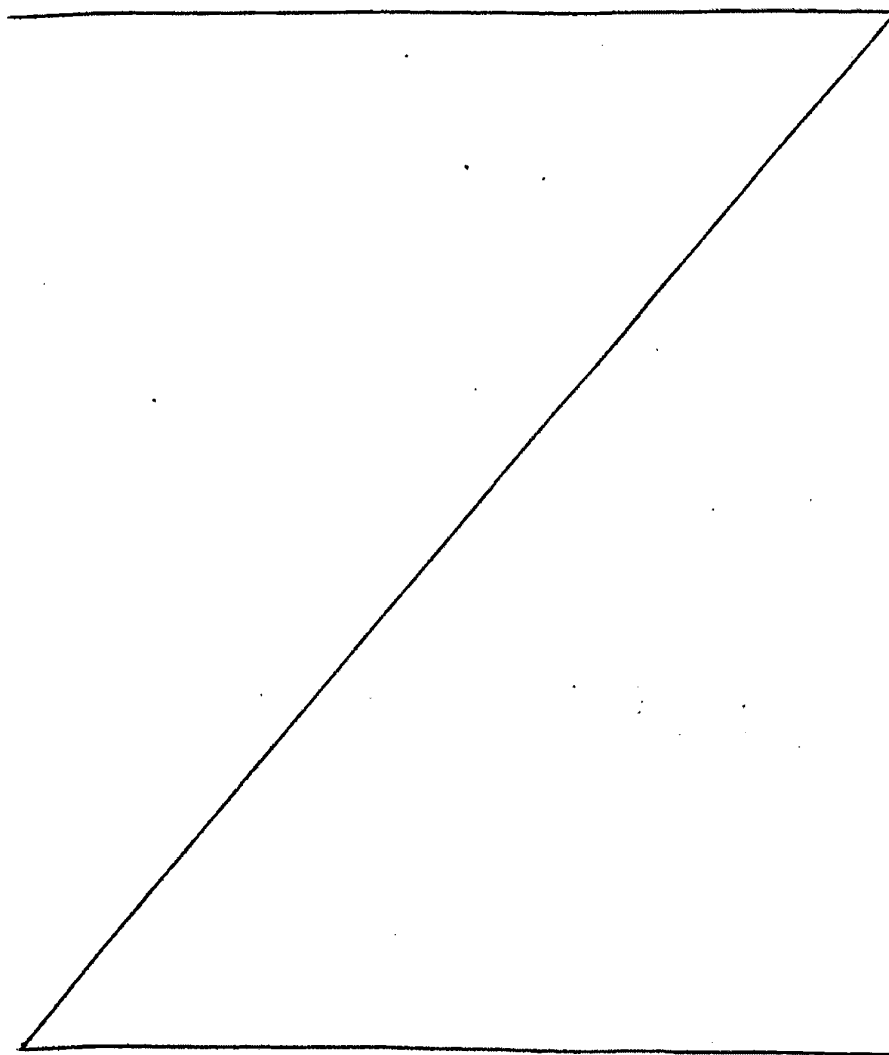
30.

ban en superficies sin enmascarar. Los ejemplos 18-21 se realizaron con máscara para definir un modelo normalizado de pastilla e pastilla. Las pastillas en el último conjunto de ejemplos se elaboraron también con máscara.

5.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

10.



REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento para la fabricación de dispositivos mediante mordentado con plasma con reducción del efecto de carga, del tipo que comprende al menos una operación durante la
5. cuál, el dispositivo comprende una superficie de la cuál al menos partes se han de mordentar, y cuya superficie del dispositivo ó artículo se mantiene dentro de un ambiente de plasma contenido en el interior de un aparato, siendo el plasma el resultado de la imposición de un campo eléctrico de RF a través
10. de materia gaseosa entre dos electrodos, consistiendo la superficie que se ha de mordentar en una composición que manifiesta un efecto de carga cuando se mordenta por un ambiente de plasma producido a través de una mezcla gaseosa consistente
15. esencialmente en CF_4 y O_2 , o CCl_4 , estando definido dicho efecto de carga como una variación en el régimen de mordentado de por lo menos el 25% para una variación de carga del 10% de capacidad al 100% de capacidad de dicho aparato, debiéndose el mordentado principalmente a la reacción de dicha superficie con
20. una especie de reactivo de mordentado primario, caracterizado porque para reducir, por lo menos, los efectos de dicho efecto de carga, la materia gaseosa se presenta de modo que la especie de reactivo de mordentado primario tenga una vida útil inherente media dentro del plasma que no se mayor que la décima parte
25. de la vida media debido a reacción química con la superficie resultante en mordentado.

- 2.-Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la superficie del artículo se mordenta de una forma selectiva, estando definidas las regiones que se mordentan por aberturas dentro de una capa de máscara superyacente.
- 30.

3.- Procedimiento segun la reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la materia gaseosa es de flujo continuo.

5. 4.- Procedimiento segun la reivindicación 3, caracterizado porque la materia gaseosa es de una composición que dá por resultado dos especies químicas activas dentro del plasma.

10. 5.- Procedimiento segun la reivindicación 4, caracterizado porque las dos especies son químicamente distintas, la primera de las cuales, indicada como especie de reactivo de mordentado primario, reacciona con la citada superficie para dar resultado la eliminación de material superficial y cuya segunda, denominada especie de reactivo de combinación sirve principalmente para combinarse con la especie de reactivo de mordentado primario que no reacciona para dar por resultado dicha vida útil inherente media.

15. 6.- Procedimiento segun cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la vida útil inherente media no es superior a 0,1 milisegundo, preferiblemente no es superior a 0,01 milisegundo.

20. 7.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la materia gaseosa produce halógeno atómico en el plasma.

8.- Procedimiento segun la reivindicación 7, caracterizado porque el halógeno es cloro.

25. 9.- Procedimiento segun cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la materia gaseosa es de la composición necesaria para dar por resultado un haluro dentro del plasma.

10.- Procedimiento segun la reivindicación 9, caracterizado porque dicho haluro es fluoruro.

30. 11.- Procedimiento según la reivindicación 9, caracte-

rizado porque el haluro es un halocarburo, preferiblemente un fluorcarburo.

5. 12.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la materia gaseosa produce cloro atómico y BCl_3 en el plasma.
- 13.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la materia gaseosa comprende CF_3Cl .
- 14.- Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque la materia gaseosa comprende CF_3Br .
10. 15.- Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado porque la materia gaseosa contiene un diluyente.
- 16.- Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado porque el diluyente consiste esencialmente en helio.
15. 17.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la materia gaseosa consiste esencialmente en una mezcla de C_2F_6 y Cl_2 .
- 18.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la superficie comprende silicio elemental.
20. 19.- Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado porque la superficie es policristalina.
- 20.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el artículo comprende por lo menos un circuito integrado de silicio.
25. 21.- Procedimiento para la fabricación de dispositivos mediante mordentado con plasma, con reducción del efecto de carga, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, y en los dibujos adjuntos.

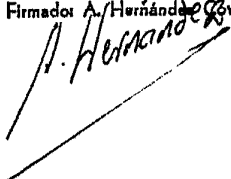
Esta Memoria consta de veinticuatro hojas, escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 30 JUL 1979

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED.

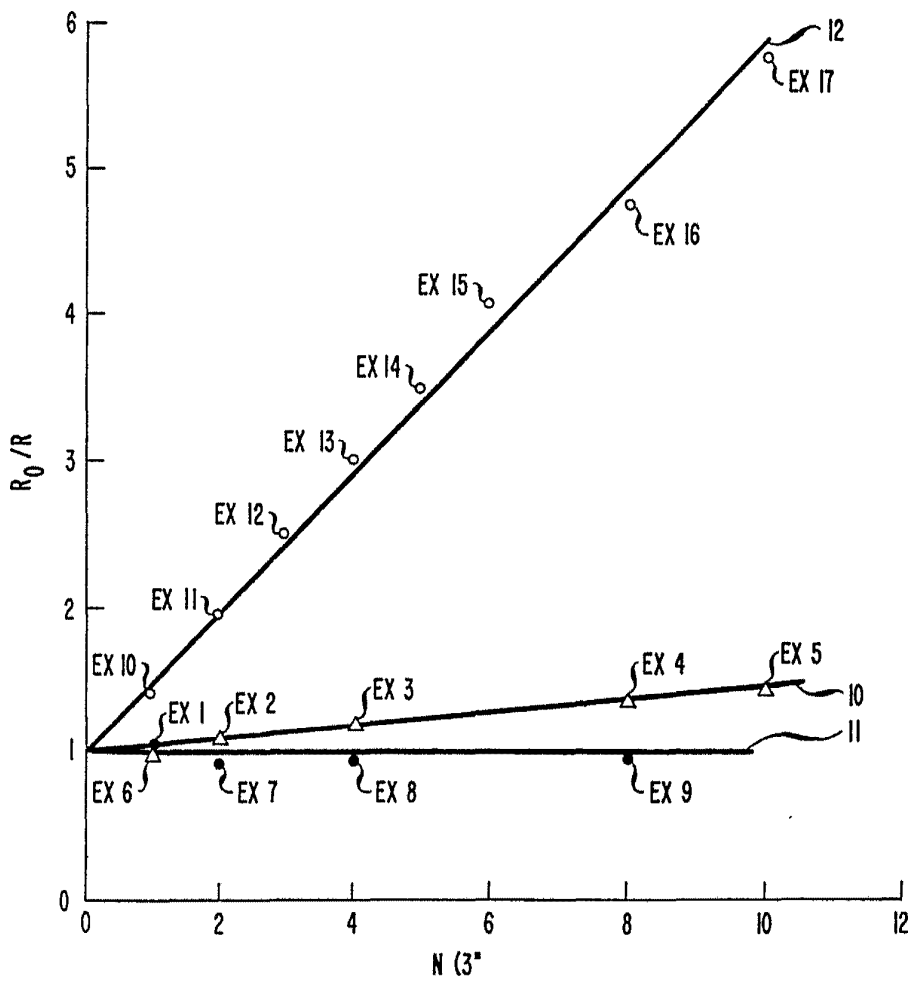
IGNACIO GOMEZ-ACEBO

p. p. Firmado: A. Hernández Covarrubias



ESCALA VARIABLE

- | | | | |
|-------|---|--|---------------------------------|
| R_0 | } | 200 Å/ | CF ₃ Cl |
| | | 646 Å/ | CF ₃ Br |
| | | 6000 Å/ | CF ₄ -O ₂ |
| ○ | | CF ₄ -O ₂ (8% O ₂) | |
| △ | | CF ₃ Br-He (30% He) | |
| | | CF ₃ Cl | |



Madrid 30 JUL 1979

IGNACIO GOMEZ-ACEBO

p. p. Firmado: A. Hernández Carrubias